



Convergence en astrobiologie

Expérimentation contrefactuelle dans les sciences et les arts

Par Istvan Praet

La cosmologie moderne repose sur un choix métaphysique assez particulier : elle privilégie la divergence sur la convergence. Les biologistes sont fascinés par la diversité des formes de vie - la « biodiversité », comme ils l'appellent. Les scientifiques planétaires sont également intrigués par la grande variété de corps célestes : naines jaunes, géantes gazeuses, planètes rocheuses, lunes, astéroïdes... Cependant, un contre-courant métaphysique est en train de voir le jour dans le domaine de l'astrobiologie. Il se caractérise par un intérêt remarquable pour les thèmes de la convergence et par l'idée que l'évolution de la vie et la formation des planètes suivent un nombre limité de sentiers. L'article montre comment cette alternative métaphysique prend forme dans des expérimentations contrefactuelles à l'interface de la science et de la science-fiction.

mots clés

convergence, astrobiologie, expérimentation contrefactuelle, science-fiction, anthropologie de la nature

– Alors depuis que l’océan de Vénus s’est évaporé, sa surface est entièrement sèche ?

– Ça dépend du point de vue. Qu’est-ce que ça veut dire, au juste, « être sec » ?

Notes de terrain personnelles : conversation avec le planétologue J.H. (International Venus Conference, avril 2016, Merton College, Oxford).

Introduction

Ces dernières années, les sciences sociales ont produit deux grandes idées, éminemment liées entre elles. On peut les résumer brièvement comme suit : la nature a une anthropologie et l’objectivité a une histoire. Ces thèses sont associées respectivement aux travaux de l’anthropologue Philippe Descola (2005) d’une part, des historiens des sciences Lorraine Daston et Peter Galison (2007) d’autre part. Les implications de telles affirmations sont immenses, mais elles n’ont été que succinctement explorées depuis la publication des textes fondateurs de ces auteurs. En s’intéressant à la notion de *convergence* dans le champ de l’astrobiologie, c’est-à-dire la recherche scientifique de formes de vie extraterrestres, cet article se penche sur l’une de ces implications. Plus que toute autre approche, en effet, l’anthropologie de la nature signale à *quel point les sciences modernes se caractérisent par une obsession de la divergence*. Toutes les disciplines académiques mettent l’accent sur la variété couverte par leurs objets d’étude. En biologie, on est constamment fasciné par la diversité des formes de vie (la biodiversité). En planétologie aussi, la variété des objets astronomiques est frappante : astéroïdes, comètes, lunes, planètes, naines brunes, étoiles – eux-mêmes subdivisés en une myriade de sous-catégories. Quant à l’évolution, qu’il s’agisse de l’évolution d’organismes vivants ou de corps célestes, elle est reconnue comme étant imprévisible. Les animaux vs les plantes. Les éléphants vs les baleines. Les planètes rocheuses vs les planètes gazeuses. L’hydrophilie de la Terre vs l’hydrophobie de Vénus. Pourtant, ce caractère divergent du monde n’est en aucun cas une donnée absolue. « Il n’y a aucune nécessité à ce que notre monde soit ce qu’il est, aucune nécessité à ce qu’il soit pensé et vécu comme il l’exige autoritairement », explique la philosophe des sciences Isabelle Stengers (2018 : 32), « une autre tournure, une autre composition de ce monde sont tout à fait envisageables ». Notre cosmologie moderne, suggère-t-elle, gagnerait à subir une *déshabituat* ou une *défamiliarisation* ; notre époque a besoin d’un « changement de plan ». Et d’avancer la science-fiction comme un outil primordial « pour se frotter à la croyance que les choses ne sont pas et n’ont pas à être telles qu’elles sont » (*ibid.* : 39). Mon hypothèse est que l’anthropologie de la nature est une autre ressource clé à cet égard, puisqu’elle repose précisément sur la possibilité de changer de perspective, au sens où l’entend Isabelle Stengers. Mais je reviendrai aussi sur la question de la science-fiction.

L’anthropologie de la nature a rendu possible le postulat suivant, à première vue plutôt hérétique : *la divergence n’a rien de naturel ni d’objectif*. L’idée d’une nature fondamentalement divergente doit plutôt être considérée comme une invention de la métaphysique moderne. Il serait plus juste de dire que la vie sur Terre et le système solaire sont divergents d’un point de vue « anthropologique » ou – si vous préférez – « historique ». En tout cas, ils ne sont pas « naturellement » ni « objectivement » divergents. Alors certes, les modernes brandissent volontiers la divergence essentielle des éléphants et des baleines,

de la Terre et de Vénus. Même s’ils admettent qu’éléphants et baleines ont un certain nombre de traits communs, tels leur imposant volume ou encore leur extraordinaire sociabilité, ils rattachent finalement ces deux animaux à des espèces différentes. Ils reconnaissent que Vénus présente des similarités frappantes avec la Terre, mais là encore, ils aiment à souligner qu’elle ne possède pas d’eau et ne saurait donc être habitée ; résultat : Vénus est toujours considérée comme une planète très différente de la nôtre et très étrange. Mon sentiment est que de telles convictions sont purement contingentes, au sens où elles dépendent entièrement du credo actuel de la métaphysique moderne. Or ce dernier pourrait être plus fragile, moins gravé dans le marbre que les modernes veulent bien se l’imaginer. Une (conception de la) nature totalement différente aurait pu s’imposer *si seulement*... Un monde contrefactuel, où les sciences auraient suivi une ligne un peu différente, aurait aussi bien pu produire une (anthropologie de la) nature convergente plutôt que divergente. D’aucuns, sans doute, rejetteront de telles expériences de pensée contrefactuelles comme étant trop spéculatives – comme n’étant que de la science-fiction. Mais en astrobiologie, soit une discipline scientifique, ce genre d’expériences est on ne peut plus commun, comme le montrera notre article. Les astrobiologistes, pour citer encore Isabelle Stengers (2018 : 26), sont des cultivateurs de l’imagination spéculative ; ils font montre « à la fois d’un appétit pour le possible et d’une résistance contre la normalité de ce qui est considéré comme évident. » Par ailleurs, de telles expériences de pensée ne sont pas rares non plus dans certains courants de la recherche artistique. Aussi, quand bien même il s’intéresse essentiellement à la contrefactua-lité dans le domaine scientifique, cet article peut aussi se lire comme un premier essai timide sur ce troublant parallèle entre science contemporaine et art contemporain.

À mon sens, en astrobiologie, la convergence est en train de devenir une sérieuse alternative au dogme dominant de la divergence. D’après l’astrobiologiste Claudio L. Flores Martinez (2014 : 342), « si l’on s’appuie sur la notion de convergence entre les systèmes biologiques d’une planète à l’autre, on parvient à des conclusions raisonnables quant aux caractéristiques des organismes extraterrestres ». Mais avant d’entrer dans le détail de mon raisonnement, laissez-moi rappeler que l’opposition entre convergence et divergence est depuis longtemps débattue dans de nombreuses disciplines. Dans son article « On the Principle of Convergence in Ethnology », l’anthropologue Robert H. Lowie (1912) écrivait ainsi que les similarités culturelles se développent aussi de façon indépendante, c’est-à-dire sans être historiquement liées – la difficulté étant alors, selon lui, de distinguer les « véritables convergences » des « fausses analogies ». Tel tambour d’Océanie peut être très semblable à tel autre tambour d’Afrique, mais là encore, il n’y a pas cinquante mille façons de fabriquer un tambour – c’est ce que Lowie a appelé le principe des possibilités limitées d’émergence. Son collègue Alfred L. Kroeber (1917) s’est intéressé aux convergences en matière de science et de savoir humain plutôt qu’aux convergences présentes dans la nature et l’histoire humaine. « Toute l’histoire des inventions », écrit-il ainsi, « est une longue suite d’événements parallèles » (1917 : 199-200). Selon Kroeber, ce n’est pas une coïncidence si des avancées mathématiques comme le calcul infinitésimal, des découvertes comme celles de l’oxygène ou de la planète Neptune ou encore des inventions comme celles de la photographie ou de l’anesthésie furent toutes exposées simultanément bien que de façon

1. Voir le site web du projet « What if/ Was wäre wen », de Manfred Weber et ses collaborateurs disponible [en ligne], sur : <https://cms.uni-konstanz.de/fileadmin/archive/dfg-what-if/the-project/2012-2015/subproject-p5/> (consulté le 19 février 2019).

totallement indépendante par de multiples chercheurs. C’est que, d’après lui, le développement des sciences modernes relève de la nécessité plutôt que de la contingence.

L’opposition radicale entre les convergences ontologiques de Lowie et les convergences épistémologiques de Kroeber est encore virulente aujourd’hui. Dans quelle mesure notre monde actuel est-il inévitable, et notre connaissance actuelle du monde nécessaire ? Et pourquoi nous autres, modernes, tenons-nous absolument à séparer convergences dans la nature et convergences dans les sciences ? Aujourd’hui, ces questions sont débattues non seulement en anthropologie mais aussi en histoire et philosophie des sciences ainsi qu’en littérature. Elles se retrouvent dans des disciplines aussi éloignées que la biologie évolutionnaire et la science-fiction. L’intérêt conjugué pour ces questions crée une dynamique nouvelle – d’aucuns parlent même d’un *tournant contrefactuel* (Radick 2005). La critique littéraire Catherine Gallagher (2018 : 1) souligne le fait qu’une certaine forme de spéculation s’est ancrée, à la fin du xx^e siècle, dans une variété de lieux remarquable : « On sait bien que ce genre d’hypothèses est pratiqué depuis des siècles, mais l’ampleur qu’a prise la démarche ces dernières décennies est sans précédent. » Elle nomme ces expériences de pensée des « histoires contrefactuelles ». Mais l’expression est sans doute un peu réductrice dès lors qu’elle embrasse aussi des biologies contrefactuelles, comme l’historien des sciences Gregory Radick (2005) le montre dans un article au titre évocateur : « Other Histories, Other Biologies » [Autres histoires, autres biologies]. « La pensée contrefactuelle joue un rôle important dans les sciences de la vie », confirme son collègue Marcel Weber, « et elle se manifeste sous des formes et dans des contextes multiples ¹ ». La philosophe des sciences Liz Swan (2009) en fournit un bel exemple : elle interprète la recherche sur la vie artificielle comme un ensemble d’expériences de pensée portant sur des évolutions biologiques alternatives. Mais l’on pourrait aussi songer aux humains asexués imaginés par l’auteur de science-fiction Ursula Le Guin dans son fameux roman *La Main gauche de la nuit*.

Que ces éléments contrefactuels relèvent de l’histoire humaine ou de l’évolution du vivant, leur dénominateur commun est la formulation systématique de questions en « et si... ». Et si la météorite responsable de l’extinction des dinosaures il y a de cela quelque soixante-cinq millions d’années n’avait pas touché la Terre ? Dans une expérience de pensée très controversée, le paléontologue Dale Russell a émis l’hypothèse que, même si les mammifères n’avaient pas supplanté les reptiles, des dinosaures intelligents et humanoïdes seraient apparus – façon de présenter l’humanité, ou du moins l’intelligence humanoïde, comme inévitable. Certaines œuvres de science-fiction du xx^e siècle s’inscrivent dans le même esprit. Et si les Alliés avaient perdu la Seconde Guerre mondiale ? C’est le point de départ du roman uchronique de Philip K. Dick (1962) *Le Maître du Haut Château*, où les nazis et les Japonais se partagent le territoire des États-Unis. Et si les États-Unis devenaient un régime totalitaire au lieu d’une démocratie ? C’est le postulat du roman de Margaret Atwood *La Servante écarlate* (1986). Que ces deux livres soient devenus des best-sellers internationaux et fassent à présent l’objet d’adaptations en séries télé elles-mêmes extrêmement populaires prouve à quel point Gallagher (2018 : 2) avait raison de dire : « L’imagination contrefactuelle est devenue un caractère courant de notre culture, qui ne cesse de se diffuser sous différentes formes. » À quel point la science et la

ci-contre

fig. 1



science-fiction se trouvent mêlées dans un tel phénomène reste sujet à débat, mais de nombreuses personnes ont relevé qu’elles semblaient « avoir besoin » l’une de l’autre. Ainsi de l’historien des sciences Peter Galison :

J’ai remarqué que la science-fiction fait partie des outils auxquelles la science a recours pour réfléchir à ce qu’elle est. Ce n’est pas un hasard si de nombreux textes de science-fiction sont écrits par des scientifiques. (Galison 2016)

Dans le même esprit, sa collègue Isabelle Stengers (2018 : 29) a récemment remis en cause l’idée reçue selon laquelle il ne saurait y avoir de lien entre les faits scientifiques et la science-fiction.

Les exemples précédents, qu’ils soient qualifiés de factuels ou de fictionnels, ont en commun de mettre en jeu des divergences ou des convergences *dans le monde*. Mais il existe aujourd’hui une littérature aussi riche sur la question des divergences et des convergences *dans notre savoir sur monde*, notamment dans les sciences modernes. Comme l’explique le philosophe des sciences Ian Hacking (2000), le débat sur la contingence ou la nécessité des découvertes scientifiques est loin d’être clos. Dans leur ouvrage *Science as It Could Have Been* (2015), les philosophes des sciences Léna Soler, Emiliano Trizio et Andrew Pickering explorent la possibilité d’une science contrefactuelle. Dans d’autres circonstances, se demandent-ils, est-ce qu’une autre science, aussi performante, aurait pu se développer, fondée sur des principes et des théories fondamentalement différentes de celles que nous, citoyens cultivés du monde moderne, tenons aujourd’hui pour acquises ? Soler et ses collègues abordent notamment l’histoire de la physique quantique et celle de la biologie évolutionnaire. Ils s’appuient sur les travaux de l’historien des sciences James T. Cushing (1994), qui émit l’hypothèse selon laquelle la mécanique quantique standard et le caractère indéterminé du monde microscopique qu’elle implique ne relèvent pas de la nécessité. Si, à un moment crucial de la première moitié du xx^e siècle, la théorie de Bohm – équivalente empiriquement – l’avait emporté, les scientifiques modernes auraient tout aussi bien pu s’accorder sur l’idée d’un monde microscopique absolument déterminé. Autrement dit, pour Cushing, la mécanique quantique est fondamentalement contingente (Soler 2008 : 223).

Un autre historien des sciences, Peter J. Bowler (2013), a défendu une thèse analogue à propos de la théorie de l’évolution. Dans *Darwin Deleted*, il imagine un monde contrefactuel dans lequel le grand biologiste n’aurait pas survécu à sa fameuse expédition sur le Beagle. Il en conclut qu’une autre biologie évolutionnaire aurait fini par voir le jour, fondée toutefois sur une compréhension totalement différente du lien entre évolution, hérédité et environnement. L’idée commune selon laquelle les grandes théories scientifiques sont en quelque sorte « dans l’air (du temps) » serait ainsi une belle erreur. En somme, soutient Bowler, le darwinisme est historiquement contingent. Ces deux exemples montrent, pour paraphraser Hacking (2000 : 66), qu’un alien doté d’intelligence n’aurait pas nécessairement développé le même système logique que nous pour expliquer la structure des quarks ou le fonctionnement du vivant. Le philosophe Quentin Meillassoux (2013), quant à lui, a étudié une alternative encore plus stupéfiante. En vertu de quoi, s’étonne-t-il, sommes-nous aussi certains que dans un monde futur les sciences naturelles resteront

valables ? La science-fiction présuppose une nature stable, avec des lois stables et des constantes éternellement valables. Mais, se demande Meillassoux, cette présupposition est-elle justifiée ? Et il ne pense pas ici à un scénario de science-fiction, mais à un scénario où toute science elle-même serait devenue impossible (*Ubik*, de Philip K. Dick, suggère-t-il, en serait un exemple). Pouvons-nous envisager *un monde hors-science* ?

Cet aperçu sur l’opposition entre divergence et convergence ne prétend pas être exhaustif, mais permet de prendre la mesure de l’ampleur épique du débat. Non seulement il divise les disciplines académiques, mais il dépasse aussi la frontière entre science et science-fiction. Le but de cet article n’est pas d’épuiser le sujet, mais de l’aborder sous un angle spécifique : celui de l’astrobiologie. Notons, d’abord, que le principe de divergence demeure aujourd’hui très influent, pour ne pas dire dominant, en astrobiologie. Le fait que les astrobiologistes contemporains débattent encore âprement des travaux du biologiste évolutionnaire Stephen J. Gould en atteste. La grande thèse de Gould est que, si l’on rembobinait le film de l’évolution pour le repasser ensuite, le résultat serait complètement différent. Les humains comme les autres organismes que nous connaissons sont le produit d’une myriade d’événements uniques. Pour Gould, les chances sont très faibles pour que quelque chose comme l’humanité apparaisse une deuxième fois (Mayr 1995). Aujourd’hui, de nombreux experts en astrobiologie se rangent à cette conclusion et privilégient la divergence sur la convergence. Autrement dit, ils soutiennent l’idée qu’il ne faut pas s’attendre à trouver sur une autre planète des créatures humanoïdes ou une forme de vie semblable à celle que l’on connaît (Lineweaver 2008 : 11).

Mais, ces dernières années, un courant opposé s’est développé. Qui semble ouvrir une brèche dans le dogme métaphysique de la divergence. Aujourd’hui, certains astrobiologistes affirment haut et fort privilégier la convergence sur la divergence. Ils invoquent plutôt le prévisible que l’aléatoire, la nécessité que la contingence, les lois que les accidents et les contraintes structurelles plutôt que l’histoire ouverte. J’ai eu l’occasion de travailler avec eux pour des recherches ethnographiques, et j’entendais dire régulièrement que l’évolution de la vie ou la formation des planètes ne saurait emprunter qu’un nombre limité de voies. Des voies qui, si elles peuvent certes légèrement varier, sont au final inévitables. Je propose ci-dessous un aperçu de ce nouveau courant en m’intéressant à deux sous-disciplines importantes de l’astrobiologie : la biologie évolutionnaire et la planétologie. C’est là, il est vrai, mettre en avant une position minoritaire, relativement marginale au sein de l’astrobiologie. Mais je ne m’en cache pas : mon but, ici, n’est pas de dresser un tableau complet représentatif de la discipline.

Convergences biologiques

D’après l’astrobiologiste Simon Conway Morris (2004 : 255), s’il existe quelque part une planète où les conditions environnementales sont similaires à celles de la Terre, une vie extraterrestre y est forcément étrangement similaire à sa variante terrestre. S’il s’avère qu’Europe, le satellite de Jupiter, recèle une vie marine dans l’océan supposé s’étendre sous sa croûte glacée, alors celle-ci doit émettre de la lumière. La bioluminescence, explique en effet Conway Morris (2015 : 111), est apparue sur Terre en tant d’occasions indépendantes que l’on peut être quasiment certains qu’elle apparaîtra aussi



fig. 2

sur toute planète ou tout satellite présentant des conditions semblables. Songeons encore à la forme fuselée si caractéristique d’un certain nombre de poissons et de mammifères marins. Le planétologue George McGhee écrit à ce propos :

Contrairement à la théorie en vigueur selon laquelle « l’évolution biologique n’a pas d’issue déterminée », je suis prêt à parier que si de gros organismes à nage rapide existent dans les océans du satellite Europe [...], ils auront un corps allongé et fuselé; autrement dit qu’ils seront très similaires à un marsouin, un ichthyosaure, un espadon ou un requin. (McGhee 2008 : 19-20)

Avec le scientifique Michael Meyer, ancien dirigeant du Mars Exploration Program de la NASA, Conway Morris a participé, pour le Science Museum de Londres, à la conception d’une exposition consacrée à la forme que pourrait prendre l’évolution sur des exoplanètes semblables à la Terre. L’exposition présentait différentes planètes fictives. Sur l’une d’elles, par exemple dotée d’une pression atmosphérique très élevée, bien plus dense que sur Terre, de gros animaux étaient capables de voler ou – si vous préférez – de nager dans le ciel.

Meyer et Conway Morris ont ainsi imaginé des créatures s’apparentant à des *baleines volantes*, sortes d’herbivores gargantuesques passés de la mer dans les airs². Leur planète imaginaire est comme voilée d’un halo vert – tapis de mousse et de plancton aériens, dont se repaissent les baleines volantes. Ces baleines hypothétiques ne quittent jamais le ciel, elles peuvent atteindre jusqu’à cinq mètres de long et dix mètres d’envergure, et elles se déplacent par écholocation. Elles survolent des forêts d’immenses arbres-pagodes et tout un écosystème aérien formé de plantes-baudruches et de cerfs-volants vivants. Or, tout cela n’est pas juste le fruit d’un imaginaire farfelu, mais, expliquent les commissaires d’exposition, le résultat de travaux de pointe en biomécanique, biologie évolutionnaire et planétologie. C’est certes un produit de l’imagination, mais d’une imagination contrôlée. Notons au passage que ce genre d’“imagination contrôlée” gagne aussi peu à peu l’art contemporain. L’artiste plasticienne Patricia Piccinini, par exemple, a créé une... *baleine volante*, magnifique montgolfière au corps bulbeux de cétacé et aux énormes mammelles. À l’instar de Meyer et Conway Morris, Piccinini affirme que son géant aérien, loin d’être complètement extravagant, est une créature tout à fait probable. Elle est convaincue que, à une époque où des techniques comme l’édition des gènes sont devenues réalité, les baleines célestes ne sont pas plus improbables que les baleines marines. Pourquoi ce genre de spéculation apparaît-il de façon simultanée et manifestement indépendante en science et en art ? Cela reste un mystère... Cela étant, il arrive que scientifiques et artistes collaborent officiellement. Ainsi de l’équipe éclectique formée de plusieurs Français passionnés d’astrobiologie : l’astrophysicien Roland Lehoucq, le paléontologue Jean-Sébastien Steyer, l’archéologue Jean-Paul Demoule et l’auteur de science-fiction Pierre Bordage (2014). Le livre qu’ils ont écrit ensemble, *Exquise Planète*, met en scène une planète légèrement ellipsoïde, un peu plus grosse que la Terre, en orbite elliptique autour d’une naine rouge.

Les océans de cette planète ovoïde sont soumis à de très importantes forces de marées et l’activité volcanique y est plus intense que sur Terre. La pression atmosphérique s’élève à 1,3 fois celle de la Terre. À la surface

². Voir le blog de Andrew Chung (23 mars 2008), "Scientists envision aliens who are strangely familiar", disponible [en ligne] sur https://www.thestar.com/business/tech_news/2008/03/23/scientists_envision_alien_who_are_strangely_familiar.html, (consulté le 19 février 2019).

de l’océan, les auteurs imaginent l’émergence d’organismes en forme de disques qui, au fil du temps, s’assemblent pour former des sortes d’îles organiques. Ces îlots mouvants se multiplient pour recouvrir bientôt toute la surface de l’eau d’une banquise iridescente. En conséquence de quoi, l’albédo de la planète augmente et son climat se refroidit. Comme sur Terre, la biosphère et l’atmosphère, la vie et le climat se modifient mutuellement. Du fait de la baisse des températures, certains organismes évoluent de manière à ne plus rejeter dans l’air leurs gaz métaboliques (oxygène et méthane) : ils les conservent bien au chaud à l’intérieur de la colonie insulaire. Certains d’entre eux prennent une forme de poche ou de ballon de baudruche, devenant des sortes de réservoirs de gaz spécialisés. Lorsqu’ils sont suffisamment légers, ou du moins plus légers que l’atmosphère de la planète, ils... décollent. Ainsi apparaissent sur cette planète les premières formes de vie volante, capables de se déplacer au gré des courants aériens. Mais ça ne s’arrête pas là :

La plupart [de ces aérozoaires] sont composés de ballons de tailles différentes, une grande bulle entourée de petits ballonnets faisant office de ballast en régulant la pression interne de la colonie et donc l’altitude de croisière. Une fois stabilisées à quelques mètres au-dessus de l’océan, ces montgolfières vivantes se dispersent lentement, au gré du vent... Certains aérozoaires vont alors muter. [Ils acquièrent la capacité de propulsion.] En d’autres termes, une montgolfière vient de donner naissance à un dirigeable ; les aérozoaires sont désormais capables de s’orienter dans les airs. [...] Bientôt, les plus rapides chassent les autres, et certains deviennent les superprédateurs du ciel ! Gare aux aérozoaires en forme de missiles ou de cerfs-volants. En quelques milliers d’années, un fantastique écosystème aérien se met en place, chaque maillon de la chaîne trophique s’appropriant une altitude particulière. Certains aérozoaires expérimentent même la reconnaissance nocturne : leurs bactéroïdes de surface agissent alors comme des iridophores, cellules pigmentaires réfléchissant la lumière et renvoyant des éclats iridescents. Ils emmagasinent l’énergie de l’Étoile le jour et la restituent la nuit en brillant de mille feux. [Le ciel nocturne s’illumine de vie.] C’est, pendant les longues nuits qui durent 19 jours, un véritable feu d’artifice organique autour de la Planète. (Lehoucq *et al.* 2014 : 56-57)

En fin de compte, ce genre d’entreprises renvoie à un célèbre article de 1976 cosigné par le grand astrobiologiste Carl Sagan et l’astrophysicien Edwin Salpeter. Dans le sillage du lancement de la sonde spatiale *Pioneer 10*, et forts de l’idée d’une convergence fondamentale entre l’univers marin de la Terre et l’univers aérien de Jupiter, Sagan et Salpeter (1976) postulèrent un monde aéronautique peuplé de créatures volantes et gazeuses évoluant dans l’atmosphère dense de Jupiter. Cette hypothèse d’un environnement étrange-et-pourtant-familier, emplie de créatures aériennes, personne ne l’a développé avec plus de brio qu’Arthur C. Clarke, le célèbre auteur de science-fiction, récemment gratifié par l’*Astrobiology Magazine* du titre d’« astrobiologiste visionnaire » (Mitton 2008). Dans *A Meeting with Medusa [Face-à-face avec Méduse]*, le protagoniste de Clarke explore la couverture nuageuse de Jupiter et assiste à l’attaque d’un banc de méduses géantes par un groupe de prédateurs en forme de raies manta. Lire cette nouvelle, c’est comme regarder

un passionnant documentaire naturaliste – c’est David Attenborough dans l’espace, Jacques-Yves Cousteau sur Jupiter... Et c’est un nouvel exemple des affinités entre art et science. Même si de telles descriptions de convergence interplanétaire et d’aliens étrangement familiers s’appuient sur des hypothèses relativement précises et scientifiquement fondées, elles demeurent bien entendu hautement spéculatives. Toutefois, des convergences biologiques peuvent aussi être étudiées bien plus près de nous, sur la Terre. Et certaines sont bien moins hypothétiques et bien plus empiriques.

Un exemple remarquable, cité par nombre d’astrobiologistes, est celui des éléphants d’Afrique et des grands cachalots (voir par exemple Chela-Flores 2003 : 9). À première vue, le contraste entre le plus gros mammifère terrestre et l’un des plus gros mammifères marins ne saurait être plus important. Ils représentent deux branches différentes de la classe des mammifères, qui se sont séparées il y a des millions d’années. Et pourtant, les deux espèces ont tant de traits communs que les chercheurs qui ont étudié ces similarités ont parlé de “convergence colossale” (Weilgart *et al.* 1996). Hal Whitehead (2008) a ainsi avancé, non sans provocation, que les éléphants sont plus proches des cachalots qu’ils ne le sont d’autres géants terrestres ou, d’ailleurs, de tout autre mammifère terrestre. Inversement, il a soutenu que les cachalots sont plus semblables aux éléphants qu’à tout autre mammifère marin. Outre leur volume considérable, éléphants et cachalots ont le plus gros cerveau respectivement de tous les animaux terrestres et marins. Par ailleurs, tous deux vivent une soixantaine d’années. Mais la convergence dépasse ces questions de morphologie ou de durée de vie ; elle touche aussi à leurs schémas comportementaux, qui se ressemblent plus que ceux d’autres animaux, y compris des animaux bien plus proches en termes d’ascendance, de régime alimentaire ou d’environnement. Songeons par exemple à leur organisation matriarcale. Whitehead (*ibid.* : 146) souligne le fait que, dans les deux espèces, les femelles vivent en clan matrilineaire d’environ dix individus. Le soin des petits et la défense contre les prédateurs – les lions pour les uns, les orques pour les autres – sont alors l’affaire de l’ensemble du groupe. Les femelles les plus âgées dirigent le troupeau. Les mâles, là encore dans les deux espèces, passent d’un de ces groupes de femelles à l’autre et se battent entre eux pour s’y faire une place. En somme, pour reprendre les mots de Linda Weilgart et de ses collègues :

Chez les deux espèces, les femelles vivent en unités familiales témoignant d’un haut niveau de socialisation et reposant sur une communication très développée tandis que les mâles, plus gros, mènent une existence à part, plus solitaire, passant d’un groupe de femelles à l’autre durant la saison des amours et ne se reproduisant que quand ils sont matures et dominants. (Weilgart *et al.* 1996 : 278)

Il existe bien d’autres parallèles frappants, dont je ne donne ci-dessous qu’une idée succincte (d’après Weilgart *et al.*). De nombreux exemples de coopération et de soins mutuels signalent l’intensité des liens familiaux chez les femelles éléphant et cachalot. Et qui ne se limitent pas à défendre des membres du groupe en difficulté ou blessés. En général, les éléphants marchent, se nourrissent et dorment ensemble. Ils sont très sensibles à la présence des uns des autres : leurs vocalisations sont coordonnées et ils communiquent par infrasons (soit à une fréquence si basse qu’elle est imperceptible aux humains). Ces messages infrasonores, qu’ils entendent à plusieurs kilomètres



de distance, leur servent aussi à coordonner leurs déplacements et les rencontres occasionnelles de différents groupes familiaux. Mais quittons à présent la savane africaine pour nous rendre dans l’océan Pacifique, aux alentours des îles Galapagos, où des biologistes marins ont étudié les mœurs des cachalots. L’après-midi, les cachalots cessent en général plusieurs heures durant leurs plongées et leur chasse au calamar. Les membres d’une même famille se rassemblent près de la surface, en bancs serrés et lents. Tout cela est très sensuel : les cachalots ne cessent de se frotter et de se câliner. Ils jouent avec leurs proches, «se caressant parfois des nageoires ou de la bouche» (*ibid.* 280). Comme chez les éléphants, les bébés peuvent téter d’autres femelles que leur mère, ce qui suggère que le soin des petits est affaire collective. La coordination entre différents groupes familiaux a également été étudiée. Et là encore, les infrasons jouent un rôle crucial :

Deux unités familiales, ou plus, se déplacent parfois ensemble quelques jours comme un seul groupe coordonné. Les membres d’un groupe de cachalots passent la plus grande partie de leur temps à des profondeurs de 400 mètres, voire plus, où ils se nourrissent. En plongée, ils émettent des clics réguliers, à des fréquences très variables, couvrant un large spectre de fréquences, d’environ 200 à 32 000 hertz. (*ibid.*)

Si l’on s’intéresse à présent aux mâles dans les deux espèces, le phénomène de convergence est encore plus évident. Les jeunes mâles quittent le groupe familial vers l’âge de six ans pour les cachalots et de quatorze ans pour les éléphants. D’abord, on ne les laisse pas se reproduire. Dans les deux espèces, cela prend une dizaine d’années avant qu’ils puissent s’accoupler. Le mode d’accouplement lui-même présente alors des parallèles notables :

Nous savons [...] que le mâle signale sa présence par un son qualifié de «clic lent», qui revient environ toutes les six secondes. De même, un éléphant mâle produit des grondements forts et graves caractéristiques – les fameux grondements du musth – pendant la saison des amours uniquement. Ainsi, les clics lents comme les grondements du musth semblent bien contribuer à une «parade nuptiale». (*ibid.* 284)

Selon Weilgart, Whitehead et Payne, cela ne peut pas être une coïncidence. Hormis les humains, aucun autre grand mammifère n’a réussi à investir une aussi grande variété d’habitats. En outre, les deux espèces ont parmi les mammifères ces mêmes particularités : les mâles quittent le groupe familial puis fréquentent alternativement différents groupes de femelles, attendant de nombreuses années avant de pouvoir s’accoupler. De telles similarités, concluent les auteurs (*ibid.*), «sont particulièrement frappantes eu égard aux différences radicales d’habitat des éléphants – herbivores terrestres – et des cachalots – carnivores aquatiques.» Et pour qui serait encore sceptique, Whitehead a récemment mis sur la table un dernier argument de poids : celui du nez.

Que les éléphants et les cachalots soient devenus des espèces écologiquement dominantes est, selon lui, lié à leur nez exceptionnel et étonnamment convergent. Permettez-moi de le citer un peu longuement sur cette question :

double page
précédente

fig. 3

La trompe de l’éléphant est un organe tout à fait spécial, peu ordinaire mais fort utile. Le cachalot a également un nez impressionnant : le spermaceti, sorte de poche remplie d’une substance huileuse, est un organe imposant et complexe. Situé au-dessus de la mâchoire supérieure, il entoure les conduits nasaux, dont l’un se termine par l’évent par lequel le cachalot respire. L’organe du spermaceti fait environ 25 % de la taille du cachalot et est entouré d’un muscle puissant. Des travaux récents [...] ont montré que cet organe constitue le sonar le plus puissant du monde naturel. Comme la trompe de l’éléphant, il confère à son propriétaire un outil extrêmement précieux pour sa quête de nourriture et un avantage sur les espèces concurrentes. (Whitehead 2008 : 146-7)

La trompe comme le spermaceti servent à la communication longue distance et à l’orientation lors des déplacements ; ce sont des organes convergents, au sens où ils fonctionnent comme des radios vivantes, constituant un GPS organique intégré. Les cachalots se dirigent ainsi par écholocation, tels des sous-marins équipés de sonar. Pour schématiser, lorsqu’ils nagent, leur nez émet des ondes infrasonores et ils s’orientent en fonction des signaux acoustiques réfléchis en écho. Les éléphants d’Afrique, quant à eux, utilisent des vibrations sismiques pour communiquer entre troupeaux sur de longues distances ; leurs grondements se transmettent par le sol à des fréquences allant de 10 à 40 hertz, et leur trompe fonctionne comme un sismomètre hypersensible. Elle opère ainsi comme une antenne radio, si ce n’est qu’elle est branchée sur les ondes sismiques plutôt que sur les ondes radio (O’Connell-Rodwell 2007).

Dans toutes ces études, notons que la mer et la terre, l’environnement océanique et l’environnement terrestre sont imaginés comme essentiellement convergents plutôt que divergents. La biologie marine et la biologie terrestre sont conçues comme profondément similaires. Les convergences entre hydrosphère and atmosphère l’emportent sur les divergences. Et en même temps, les deux sphères sont représentées comme étant fondamentalement séparées. C’est presque comme si la Terre n’était plus vue comme une planète mais comme deux : au lieu d’avoir une planète Terre unique, nous aurions une double planète – l’une océanique, l’autre terrestre. Il n’est pas anodin, à cet égard, que Philip Hoare³, dans un compte rendu d’un livre de Hal Whitehead, présente l’océan comme un monde «alien» et les cachalots qui le peuplent comme une forme de vie *extraterrestre*, même si son propos n’est pas dénué d’humour. Il avance même que Whitehead, avec ne serait-ce qu’une infime portion du budget de la NASA, découvrirait sans doute plus de choses sur les aliens que tous ces scientifiques qui les cherchent dans l’espace. Cachalots et éléphants ne sont plus considérés en termes de biodiversité mais en termes, pour ainsi dire, d’«homo-aliénité» : ils sont des *aliens similaires*. Du point de vue des habitants de la planète terrestre, les cachalots sont une forme d’éléphants «aliens». Du point de vue des habitants de la planète océanique, les éléphants sont une forme de cachalots «aliens». Autrement dit, il s’agirait ici d’aliens convergents plutôt que d’espèces divergentes.

À présent, j’aimerais en venir à un autre aspect, légèrement différent mais non sans rapport, du glissement métaphysique que constitue cet abandon du principe de divergence. Comment les nouvelles idées de convergence changent-elles la représentation que l’on se fait de certains de nos plus

3. Le compte rendu du livre de Hal Whitehead and Luke Rendell intitulé *The Cultural Lives of Whales and Dolphins* est paru le 10 janvier 2015 dans le journal The Guardian, il est en ligne ici : <https://www.theguardian.com/books/2015/jan/10/cultural-lives-of-whales-and-dolphins-hal-whitehead-luke-rendell-review> (consulté le 04 mars 2019).

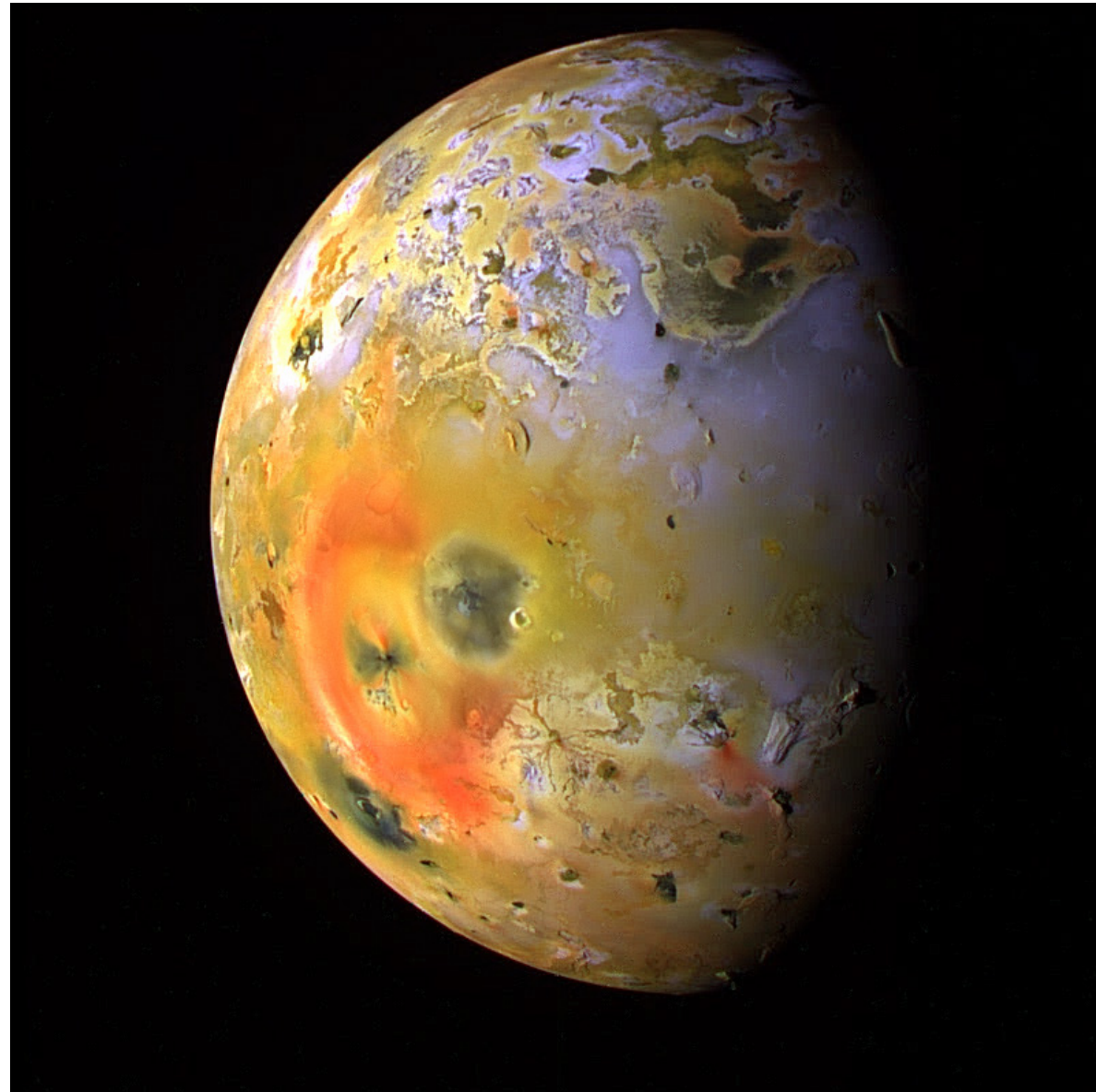


fig. 4

proches voisins dans l'espace ? Plus spécifiquement, je m'intéresserai à deux corps célestes connus pour leurs différents types de volcanisme : Vénus et Io, le satellite de Jupiter.

Convergences planétaires

Vénus et la Terre ont une composition assez similaire; elles ont un rayon, un volume, une masse et une gravité très proches. Mais notre voisine présente une température de surface excessivement élevée, propre à faire fondre spontanément le métal, et une atmosphère presque cent fois plus dense que celle de la Terre. Vénus est en permanence enveloppée dans une épaisse couche de «nuages» formés non pas de vapeur d'eau mais d'acide sulfurique. Ainsi, rappellent l'astrophysicien Kevin H. Baines et ses collègues (2007: 173), «malgré leurs similarités manifestes, Vénus n'est pas du tout comme la Terre. C'est un lieu proprement extraterrestre (*alien*)». Comme la très grande majorité de ses collègues, il considère donc les deux planètes comme divergentes plutôt que convergentes. Deux planétologues de Yale parlent à cet égard d'une «évolution divergente de la Terre et de Vénus», dans un article récent consacré au rôle de la tectonique des plaques et des champs magnétiques (Driscoll et Bercovici 2013). Quant au titre de la thèse de Joseph O'Rourke, un planétologue de Caltech (Institut de technologie de Californie), «The Divergent Evolution of Earth and Venus», il parle de lui-même. En somme, la littérature spécialisée tend à souligner la différence radicale de conditions à la surface sur les deux planètes. Celles de Vénus sont souvent qualifiées d'«infernales»; et si elle a probablement eu un océan par le passé, elle est aujourd'hui privée d'eau et donc jugée absolument inhospitalière. Contrairement à notre planète bleue, *humide*, notre voisine est généralement dépeinte comme une planète *sèche*. Et donc inhabitable et dépourvue de vie. En astrobiologie, toutefois, cette idée reçue a récemment été remise en cause à plus d'un titre.

Vénus est certes biologiquement morte, mais elle a été et, en toute probabilité, est toujours géologiquement vivante. Étant donné que sa surface est recouverte à plus de 90 % de matière volcanique, la planétologue Rosaly Lopes (2013: 30) a qualifié Vénus de «véritable planète volcan». À cause des nuages qui l'entourent, il est difficile de déterminer le degré d'activité de ses volcans, mais la sonde *Venus Express* de l'Agence spatiale européenne a récemment relevé des indices patents de montée de magma et de coulées de lave fraîches (Shalygin *et al.* 2015). Cela étant, on comprend aisément pourquoi les scientifiques ne considèrent pas Vénus comme une cible particulièrement prometteuse en matière d'astrobiologie. Comme l'a noté David Grinspoon (2004: 56), «la tentation est forte de voir en Vénus un monde devenu défavorable, quand la Terre est extrêmement favorable – du moins pour nous». Toutefois, ai-je pris conscience à l'International Venus Conference qui s'est tenue à Oxford en 2016, de telles descriptions ne sont peut-être rien d'autre que l'expression de «notre biais géocentrique», pour reprendre les mots d'un participant. À y regarder de près, la planète volcan ne nous est peut-être pas si étrangère (*alien*), après tout – ce n'est pas pour rien qu'on l'appelle parfois «notre planète sœur», «notre sœur céleste» ou encore «la jumelle de la Terre». D'abord, elle possède un système climatique global. Certes, la météorologie vénusienne n'est pas assise sur le cycle hydrologique que nous autres, Terriens, connaissons bien, mais sur un cycle complexe

4. Voir « Lightning on Venus Strikingly Similar to Earth's » [en ligne], disponible sur : <http://www.space.com/9176-lightning-venus-strikingly-similar-earth.html> (consulté le 19 février 2019).

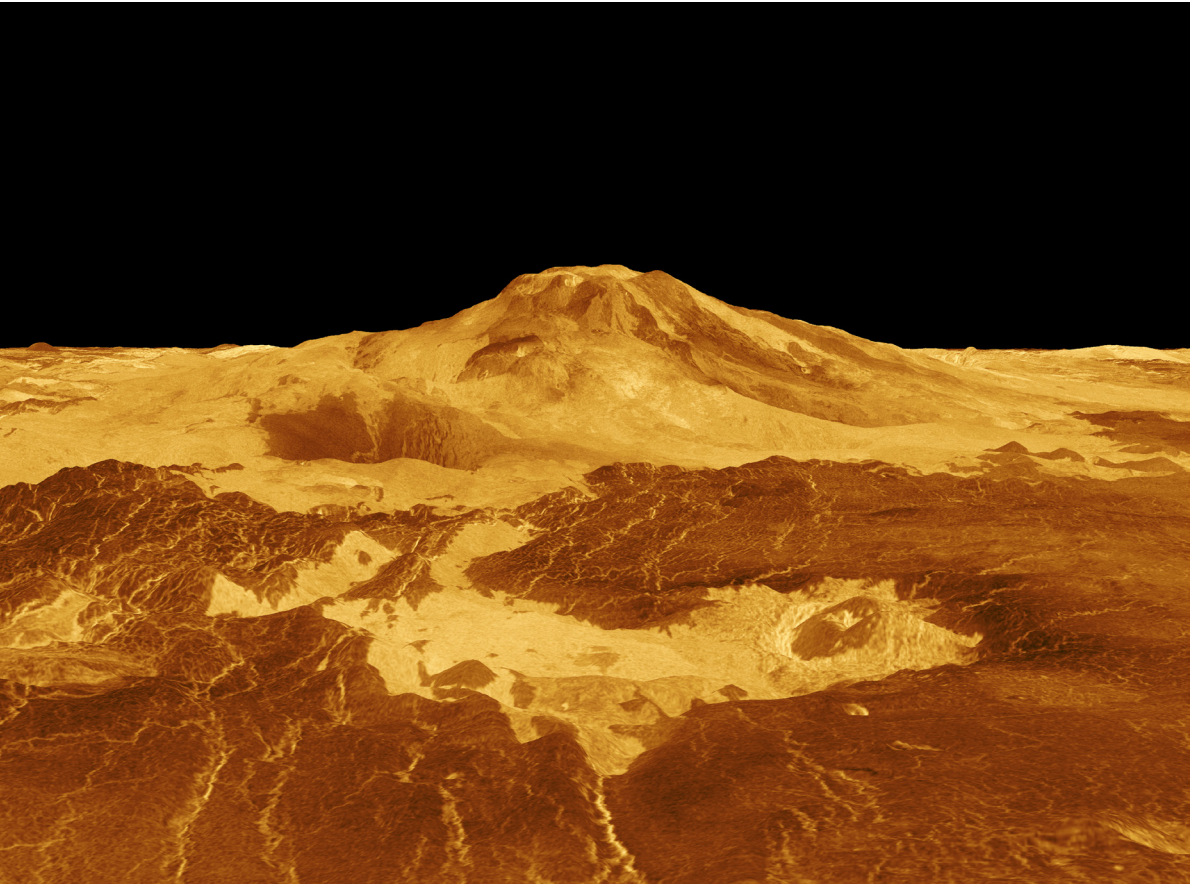
impliquant des éléments corrosifs à base de soufre et des métaux lourds. Les vents y sont féroces. À basse latitude, la foudre n’est pas rare. Et malgré l’énorme écart de conditions atmosphériques, la foudre vénusienne n’est guère différente de sa variante terrestre. Le planétologue Christopher Russell en a conclu que « [la] création de foudre est encore un point en quoi Vénus et la Terre sont jumelles⁴ ».

Le climat vénusien est aussi marqué par le comportement inhabituel – du moins pour les Terriens – des métaux lourds. Je parle ici de la neige qui tapisse ses sommets et du gel qui recouvre ses montagnes (*highlands*). Mais... attendez : comment peut-il y avoir de la neige ou du gel sur une planète qui est essentiellement – pour reprendre l’image de Grinspoon – une cocotte-minute en fusion ?! Eh bien, c’est simple : sur Vénus, la neige et le gel sont métalliques et non aqueux (Schaefer et Fegley 2004). Pour être plus précis, ils seraient formés de sulfure de plomb et de sulfure de bismuth. On le sait grâce à la sonde de la NASA *Magellan* ; pour résumer, ses radars ont détecté que les surfaces élevées étaient bien plus réfléchissantes que les plaines de lave et les basses terres (*lowlands*) basaltiques. Voici ce qu’il se passe : du fait des températures élevées, la pyrite riche en métaux se vaporise en altitude en une sorte de brouillard métallique, qui, en se condensant, devient la glaçure métallisée qui recouvre les montagnes. Tout comme la neige aqueuse de la Terre, la neige métallique de Vénus se sublime à des altitudes basses et chaudes en un précipité qui se dépose à des altitudes plus hautes et plus froides. De telles conditions climatiques tendent à suggérer que l’atmosphère de Vénus est irrémédiablement hostile à toute forme de vie. Mais à cinquante kilomètres d’altitude, les conditions climatiques sont plus clémentes : la pression est similaire à celle qui règne à la surface de la Terre et la température moyenne est plus basse, à un niveau supportable par des organismes carbonés. Forts de ce constat, certains astrobiologistes comme David Grinspoon et Dirk Schulze-Makuch (2004) ont étudié la possibilité que cette couche moins chaude abrite, dans le couvert nuageux, une population de microbes flottant dans l’atmosphère. C’est certes là une possibilité très ténue, mais nous ne pouvons l’exclure *a priori*.

Personne ne conteste que, si Vénus avait un océan (ce qui était sans doute le cas par le passé), ses chances d’abriter la vie seraient nettement plus fortes. Sur une planète sèche, en effet, la probabilité en est très faible. Mais que signifie exactement « être sèche » ? Et est-il avéré que Vénus ne possède plus d’océan ? Certains planétologues affirment que, si l’on se penche sérieusement sur ces questions, les choses sont en fait tout sauf évidentes. J’ai déjà dit que notre planète sœur a une atmosphère beaucoup plus dense que la Terre, avec une pression à la surface écrasante, représentant plus de 90 fois celle de la Terre. L’atmosphère vénusienne, principalement composée de dioxyde de carbone, est si dense qu’elle se rapproche de celle de l’eau (plus exactement, sa densité représente 6,5 % de celle de l’eau liquide sur Terre). En fait, à un tel niveau de pression, le dioxyde de carbone n’est plus à strictement parler un gaz, mais ce que les scientifiques appellent un fluide supercritique. Ce dioxyde de carbone supercritique forme ainsi une sorte d’océan, profond de plusieurs kilomètres et recouvrant la majeure partie de la planète. Et certains éléments géologiques – des fossés d’effondrement, des sillons dont les méandres évoquent des cours d’eau – sont peut-être des traces d’une action du dioxyde de carbone similaire à celle d’un liquide. Pour des raisons que l’on ne s’explique pas encore totalement, les coulées de lave

ci-contre

fig. 5



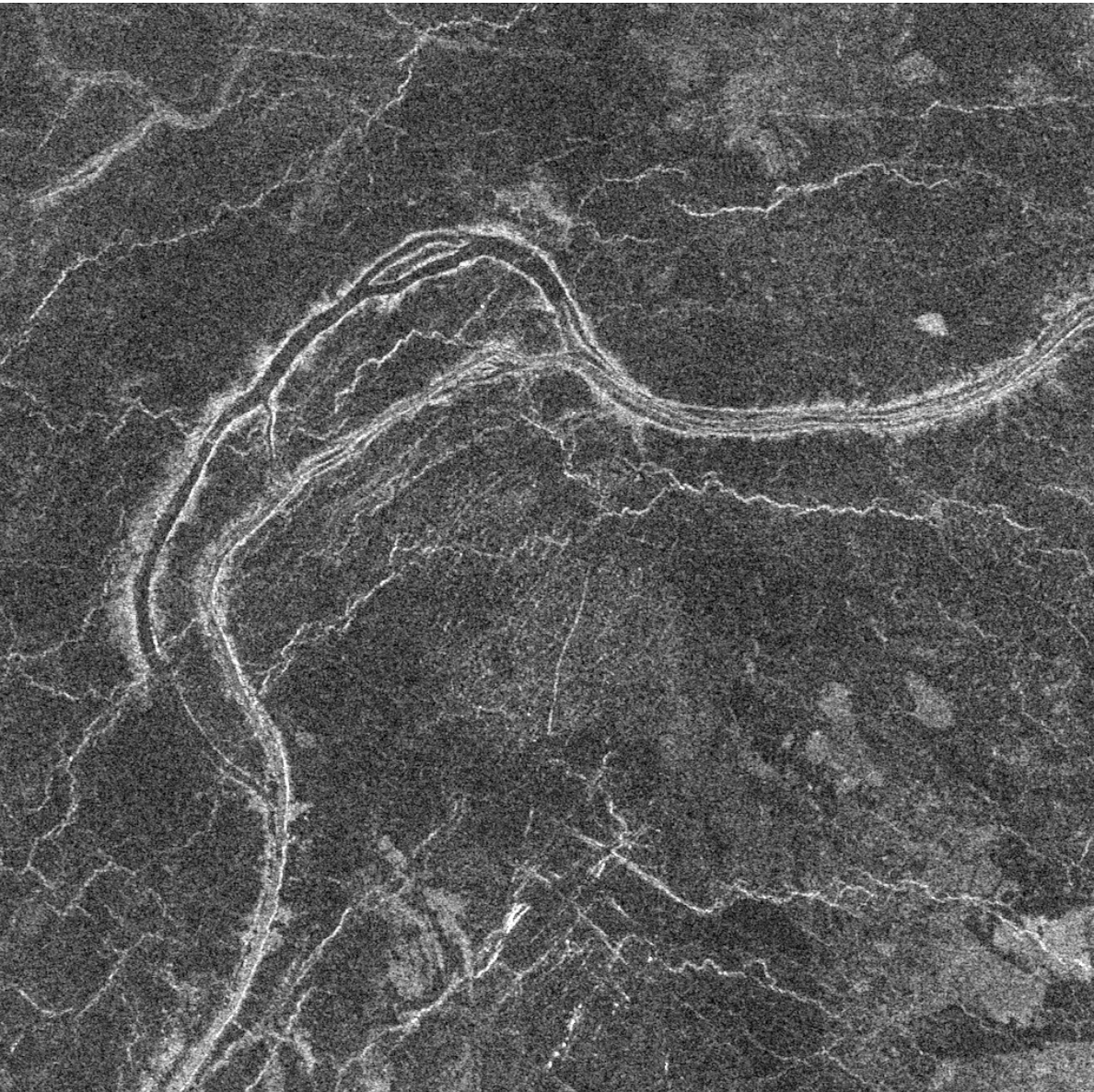


fig. 6

sur Vénus ont l’ampleur de nos fleuves : une coulée terrestre typique s’étend sur une dizaine de kilomètres, contre une centaine de kilomètres sur Vénus. À propos des traces de lave enregistrées par la sonde *Magellan*, la planétologue Ellen Stofan (2010 : 70-72) parle d’une «lave si fluide qu’elle [se comporte] comme de l’eau». Quoi qu’il en soit, l’idée est que, si l’on envisage une hydrologie vénusienne, c’est sur le CO2 qu’il faut se concentrer plus que sur l’H2O. Et selon la perspective, on dira que Vénus est entourée d’une atmosphère très dense ou d’un océan très fin : «Voir Vénus comme une planète humide ou une planète sèche ne dépend finalement que de vous», m’a un jour confié un énigmatique planétologue⁵.

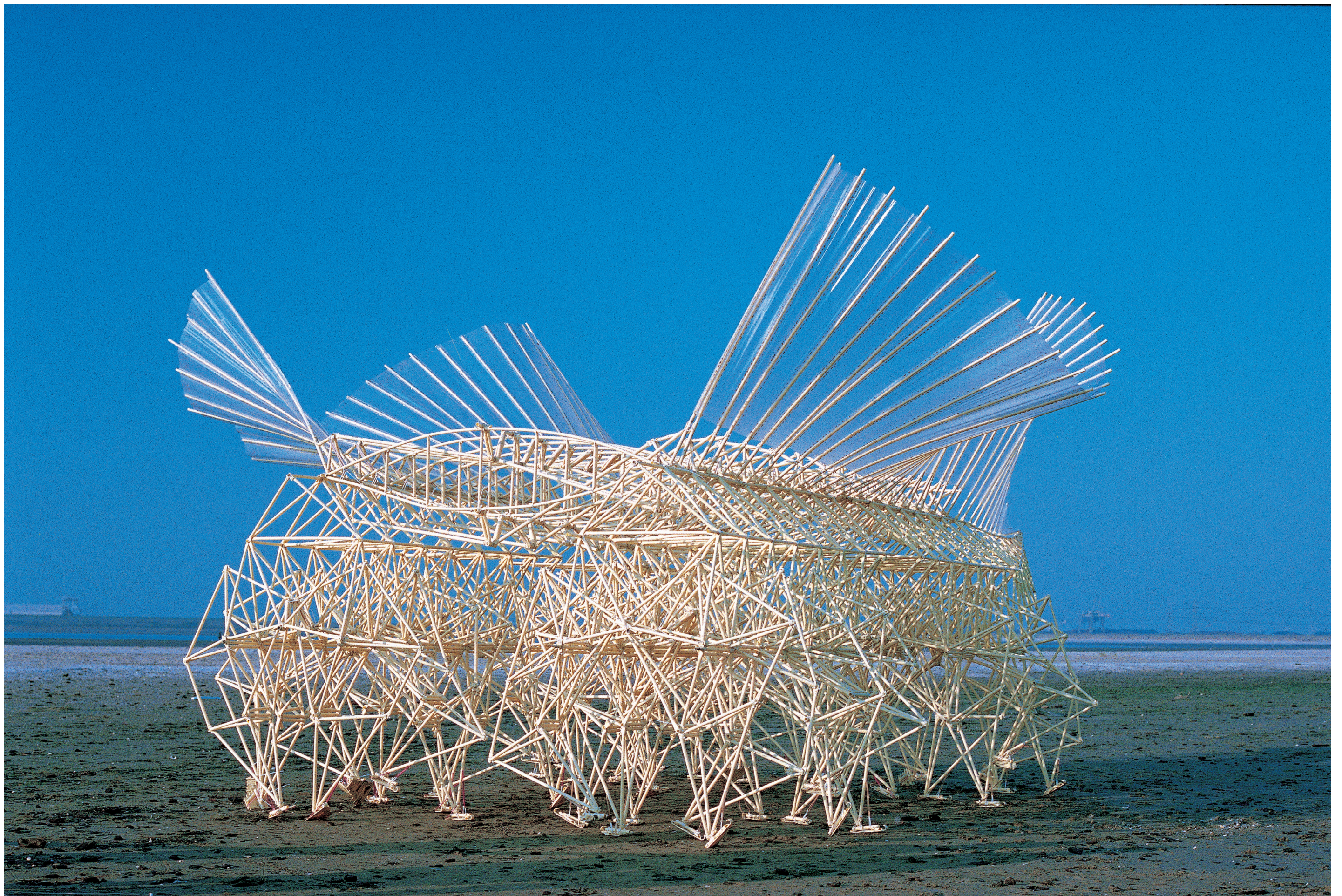
Un dernier point à propos de Vénus : l’une des grandes frustrations des astrobiologistes est l’impossibilité d’y envoyer une astromobile, étant donné les conditions propres à faire fondre tout appareil informatique. Pour autant, la NASA n’est pas prête à abandonner totalement l’idée de débarquer sur Vénus. Dans cette perspective, d’ailleurs, on notera que ses ingénieurs ont cherché l’inspiration auprès d’un artiste. Je songe au sculpteur néerlandais Theo Jansen, réputé pour ses *Strandbeesten* (créatures des plages) ou «marcheurs du vent», des sculptures cinétiques devenues sa marque de fabrique, faites de tuyaux en PVC et de bouteilles en plastique⁶. Ces structures complexes métabolisent le vent : elles emmagasinent l’air marin (leur «nourriture») dans les bouteilles (leurs «estomacs») puis utilisent cette énergie pour se déplacer. Jansen transforme ainsi ses plages natales de mer du Nord en une sorte de biosphère parallèle. Leurs «antennes» de plastique permettent aux *Strandbeesten* un repérage sommaire de ce qui les entoure. Capables de percevoir l’eau de la mer, certaines s’enfuient vers les dunes quand la marée monte. D’autres sont équipées de voiles dont la taille s’adapte à la force du vent. Toutes renvoient une impression d’autonomie surnaturelle : quand on les voit pour la première fois, cela vous donne des frissons, raconte le journaliste Ian Frazier, «comme si une meule de foin se mettait à danser la Macarena». À bien des égards, les sculptures cinétiques de Jansen évoquent une évolution alternative, qui aurait pu avoir lieu sur une autre planète. Et à coup sûr, si les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA l’ont invité à Pasadena, c’est parce qu’ils sont convaincus que ses *Strandbeesten* préfigurent les futures astromobiles qui iront sur Vénus : non seulement ils utilisent la force du vent (qui ne manque pas, comme on l’a vu, chez notre voisine), mais ils ont aussi l’avantage de constituer un automate non informatisé. Or, selon les ingénieurs du JPL, de tels automates purement mécaniques pourraient bien être la clé pour construire un appareil supportant les conditions qui règnent sur Vénus et capable d’y recueillir des données sans capteurs ni caméras numériques⁷. En tout cas, cette petite digression illustre une nouvelle fois le rapprochement, encore trop mal connu, entre art contemporain et sciences de l’espace.

Venons-en maintenant à un autre monde volcanique de notre système solaire qui, tout comme Vénus, est très souvent décrit comme «infernale» : le satellite de Jupiter, Io. Petit mais dense (son rayon est d’environ mille huit cents kilomètres, et il est composé en majorité de fer et de silicates), celui-ci est traditionnellement présenté comme le corps le plus sec de notre voisinage cosmique. Il possède des centaines de volcans actifs, dus aux gigantesques forces de marée gravitationnelles qui s’exercent sur lui, tiraillé qu’il est entre Jupiter et les autres lunes galiléennes. Le panache bleuté qui s’échappe de sa surface est sans doute sa caractéristique la plus remarquable. Pour être

5. Notes de terrain personnelles, International Venus Conference, avril 2016, Merton College, Oxford.

6. Voir la présentation de l’exposition «Strandbeest: The Dream Machines of Theo Jansen» au musée Exploratorium de San Francisco [en ligne], disponible sur : <https://www.exploratorium.edu/strandbeest> ; ainsi que Ian Frazier, «The March of the Strandbeests», *The New Yorker* [en ligne], disponible sur : <https://www.newyorker.com/magazine/2011/09/05/the-march-of-the-strandbeests> (consultés le 19 février 2019).

7. Voir «A Clockwork Rover for Venus» [en ligne], disponible sur : <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=6933> (consulté le 19 février 2019).



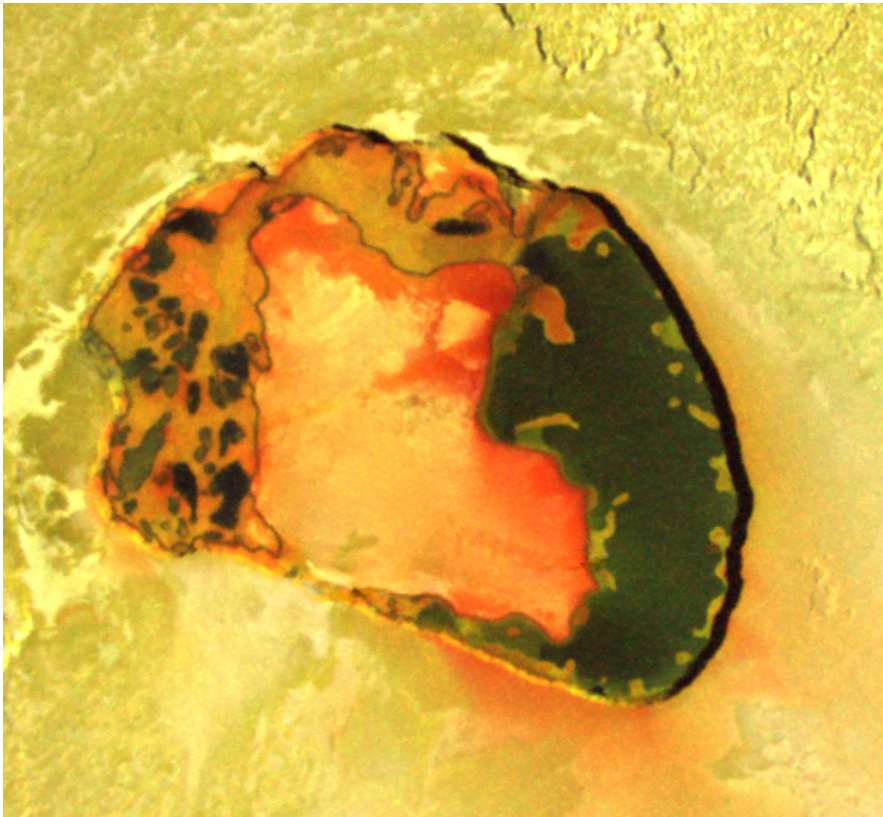


fig. 8

plus précis, Io présente deux sortes de panaches différents (Geissler et Goldstein 2007 : 163). D'une part, des panaches ponctuels, gigantesques, composés de gaz riches en soufre, qui montent jusqu'à quatre cents kilomètres de haut et dont les retombées de soufre condensé forment d'énormes anneaux rouges à sa surface. De l'autre, des panaches moins puissants (moins de cent kilomètres de haut en général) mais quasi continus, en forme de champignon ou de parapluie. Ces panaches plus petits produisent des dépôts jaunes ou blanchâtres moins étendus, riches en dioxyde de soufre. Ils forment aussi par ailleurs comme des aurores. Les gaz riches en soufre dont ils sont composés interagissent avec le champ magnétique de Jupiter et brillent la nuit ou durant les éclipses (quand Io passe dans l'ombre de Jupiter), à des longueurs d'onde visibles mais aussi dans l'ultraviolet. (*ibid.* : 171). Ces panaches modifient significativement la mince atmosphère soufrée d'Io, même si leur rôle exact dans la météorologie du satellite reste sujet à débat. On pense que, tandis que la vapeur émise se refroidit, les allotropes du soufre et le dioxyde de soufre se condensent et cristallisent de façon à former des flocons. À la surface, ces précipitations prennent différentes formes de glace de soufre et de dioxyde de soufre gelé. Io est ainsi un univers volcanique où la neige est chaude et la glace brûlante !

En fait, tout le cycle météorologique d'Io repose sur la sublimation et la condensation régulières du dioxyde de soufre, constamment redistribué à sa surface : le SO₂ semble ainsi y jouer le rôle de H₂O sur Terre (Carlson 2007 : 208). Visuellement, l'effet le plus frappant de ces panaches est la façon dont

double page
précédente

fig. 7

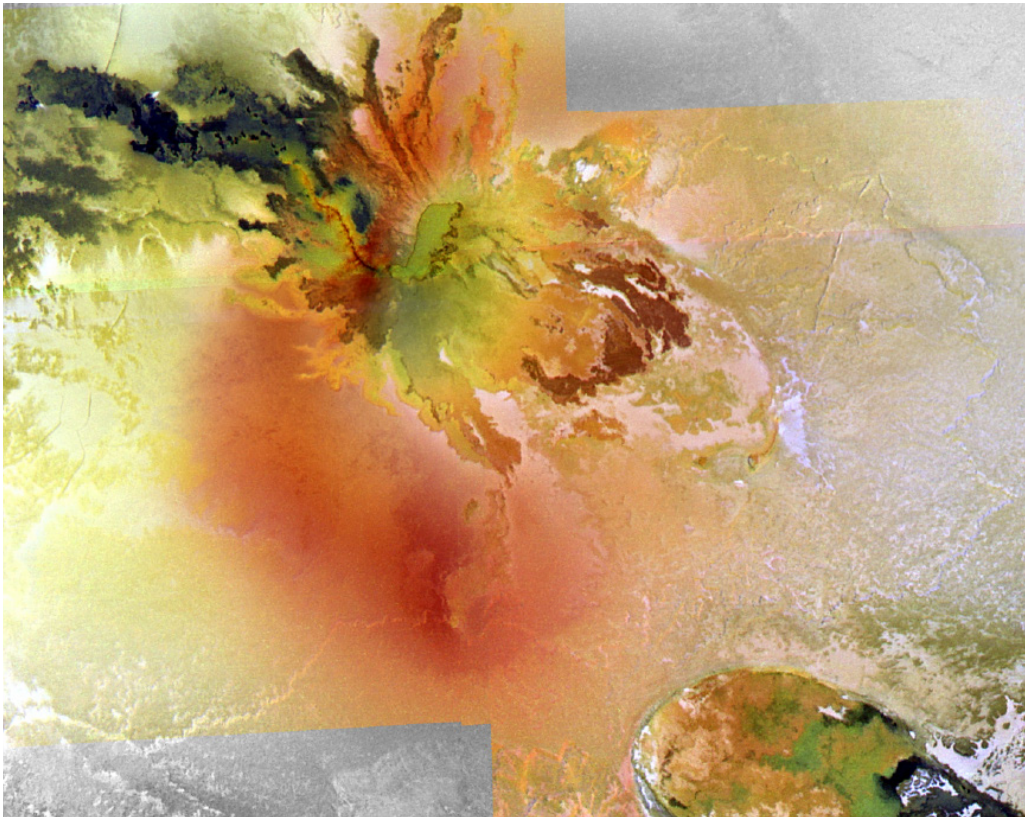


fig. 9

ils «repeignent» constamment la surface de la lune en une magnifique déclinaison de couleurs chaudes. La géologie terrestre nous a appris que les environnements riches en soufre présentent souvent les palettes les plus psychédéliques : les sources chaudes kaléidoscopiques et les colonnes de sel du site hydrothermal de Dallol, en Éthiopie, en sont sans doute un des plus beaux exemples. Mais Io est un Dallol de dimension planétaire, un «tableau de Miró de la taille d'une lune», selon l'expression de l'un de mes plus poétiques confrères. Je dirais même plutôt un dessin animé façon Miró, tant l'intensité du volcanisme refaçonne sans cesse le décor. C'est en raison de cette géologie en accéléré que l'on dit d'Io que sa surface est jeune. Contrairement aux corps géologiquement morts, comme notre Lune, aucun cratère d'impact ancien n'est visible ici : ils ont littéralement été repeints. J'ai déjà mentionné les anneaux rouges, d'un diamètre allant jusqu'à six cents kilomètres, résultant d'éruptions ponctuelles et explosives. Mais il y a aussi les aplats jaunes ou orangés, les taches noires semblables à des olives (l'un des surnoms d'Io est la «lune-pizza»), les caldeiras d'un vert si vif qu'on s'y réfère comme à des «terrains de golf», etc. (Carlson 2007 : 193).

Io a des lacs de lave qui entrent régulièrement en éruption, créant ainsi des champs de lave comme ceux d'Hawaii mais en bien plus grands : sur Io, un champ de lave est par exemple composé d'un ensemble de coulées de trois cents kilomètres de long (Williams et Howell 2007 : 143). Le volcanisme d'Io brouille la différence que nous autres Terriens faisons habituellement entre «volcans» et «geysers» (Kieffer 2010 : 230). Les points chauds d'où

jaillissent les panaches ne sont pas des montagnes mais des dépressions ; en d’autres termes, Io est parsemée de cuvettes plutôt que de cônes volcaniques. En outre, les données enregistrées par la sonde *Galileo* indiquent que la lune possède un océan de magma global. Toutefois, cet océan souterrain ne se comporte pas exactement comme les océans composés d’eau que nous connaissons. Comme le planétologue Christopher Hamilton, du Goddard Space Flight Center de la NASA, l’a formulé dans un récent communiqué de presse :

L’océan de magma d’Io ne ressemble pas aux océans de la Terre. Au lieu d’être une couche complètement fluide, l’océan de magma d’Io est sans doute probablement comme une éponge composée d’au moins 20 % de silicate mélangé à un ensemble de roches à déformation lente.

Io serait ainsi enveloppée d’un océan spongieux, recouvert d’une couche relativement fine de silicates et enrobé d’un glaçage de soufre et d’un gel de dioxyde de soufre – soit une mer de roche liquide plutôt que d’eau liquide. Lazlo Keszthelyi (1999) et ses collègues parlent pour leur part d’un « océan de magma liquéfié ».

Présenter cette lune comme le corps le plus sec de notre système solaire est donc trompeur : au fond, tout dépend de si l’on entend « sec » en un sens terrestre, géocentré, ou si l’on est disposé à prendre le terme dans un sens plus large ; et alors, même si le satellite Io est privé d’eau, rien n’empêche de le considérer d’une certaine manière comme une « planète océan ». Il y a encore d’autres raisons pour lesquelles il est inexact de décrire le satellite interne de Jupiter comme fondamentalement sec. Steven Battaglia, Michael Stewart et Susan Kieffer (2014) ont montré que la circulation du soufre entre le magma d’Io et sa lithosphère présentait une ressemblance troublante avec la façon dont l’eau est recyclée dans le système géothermique terrestre : selon eux, le cycle soufre-lithosphère d’Io est très proche des cycles hydrologiques et tectoniques combinés sur Terre. Ils soulignent le fait que « [bien que] la géochimie d’Io et ses manifestations de surface semblent très différentes de celles de la Terre, il existe aussi d’importantes similarités » (*ibid.* 125-6). Nous avons donc ici un cas de convergence planétaire, dans lequel le soufre sur Io joue le même rôle que l’eau sur Terre. En somme, dans les deux cas évoqués, celui de Vénus et celui d’Io, un corps céleste considéré comme étant de toute évidence « alien » se révèle étrangement familier dès lors qu’on l’étudie de plus près. Et l’affirmation par défaut de la divergence planétaire est remplacée par la prise de conscience que de nombreux éléments indiquent des convergences significatives entre la Terre et ses voisines volcaniques.

Conclusion

J’ai identifié, au sein de l’astrobiologie, un contre-courant métaphysique qui remet en cause le dogme de la divergence, probablement l’une des pierres angulaires de la métaphysique moderne. Ce contre-courant est caractérisé par un intérêt soutenu pour les thèmes de la convergence, du déterminisme, de la nécessité et des parallélismes structurels. Les convergences biologiques et planétaires dont j’ai traité dans cet article sont toutes du même ordre : elles diffèrent sans doute en degré, mais pas en nature.

Elles sont toutes à la fois hypothétiques et empiriques ; ou, pour paraphraser l’anthropologue Stefan Helmreich (2016 : xvii), elles sont toutes un mélange de conceptuel et d’actuel. Même les convergences hypothétiques les plus audacieuses – les végétaux en forme de ballon de baudruche, la faune marine bioluminescente d’Europe (le satellite de Jupiter) – s’appuient sur des observations précises, sur la recherche la plus pointue et sur des raisonnements rigoureux, loin d’être fantaisistes. Elles sont crédibles parce qu’elles ne sont pas totalement inventées. Inversement, même les plus évidentes convergences empiriques – la neige vénusienne, les analogies entre éléphants et cachalots – ne sont jamais de pures données. D’une certaine façon, elles aussi sont « inventées », au sens où elles résultent toujours de décisions humaines. Elles sont à la fois réelles et imaginées, naturelles et scientifiquement construites (voir Aït-Touati 2011 ; Bigg 2012 ; Vertesi 2015 ; Houdart et Jungen 2015 ; Messeri 2016 ; Beltrame *et al.* 2017 ; Praet et Salazar 2017). Si vous décidez (comme c’est votre droit) que de la neige à base de métal n’est pas de la neige, ou que la communication par ondes sismiques est fondamentalement différente de l’écholocation, les convergences n’apparaîtront pas, tout simplement – et vous choisissez alors de vivre dans un monde de divergences infinies. Mais aucun de ces deux choix n’est plus scientifique que l’autre. Un cosmos convergent n’est pas, ainsi que le définit le philosophe Quentin Meillassoux (2013 : 54), « [un] monde dans lequel les conditions de la science disparaîtraient ». Pour ma part, je le verrais plutôt comme une nature d’un autre ordre assortie à une science d’un autre ordre. Un ordre que l’on pourrait qualifier d’anthropologique.

D’où je reviens à mon point de départ : la notion d’*anthropologie de la nature*, telle que développée par Philippe Descola. Nous sommes à présent en mesure de mieux comprendre son idée centrale selon laquelle la nature n’est plus « naturelle » mais « anthropologique ». J’ai montré en effet que les organismes biologiques, pas plus que les corps planétaires ne sont « naturellement » ni « objectivement » divergents – ils sont, envisagés dans le cadre de la métaphysique moderne, *anthropologiquement* divergents. Ce qui signifie que la divergence n’est pas donnée mais fondée sur une décision métaphysique préalable, dont nous n’avons pas toujours conscience. Cela signifie également qu’il existe des alternatives, et que la diversité n’est pas une certitude absolue. Dans des conditions métaphysiques différentes, une anthropologie de la nature différente pourrait bien voir le jour. C’est même précisément l’horizon de cet article : un glissement métaphysique facilitant l’avènement d’une telle anthropologie alternative, une anthropologie qui privilégie la convergence plutôt que la divergence. Une métaphysique/anthropologie postnaturelle, où les êtres vivants sont considérés en termes d’« homo-alienité » plutôt que de biodiversité et où la Terre elle-même n’a plus nécessairement à être conçue comme une planète unique, seule en son genre. Cela sonne sans doute étrangement à des oreilles modernes : des « aliens » convergents au lieu d’espèces divergentes ; la fin de la mono-planète Terre... L’astrobiologie, dès lors, peut être envisagée comme l’arène où deux anthropologies s’affrontent. D’un côté, une anthropologie lourde du poids de trois siècles d’habitudes scientifiques modernes (notamment, comme cet article n’a cessé de l’illustrer, l’habitude de voir le cosmos par le prisme de la diversité biologique et astronomique). De l’autre, une anthropologie qui plaide pour changer certaines de ces habitudes et se demande si la métaphysique moderne est encore adaptée à notre temps. Les astrobiologistes partisans de cette nouvelle anthropologie



fig. 10

comptent de toute évidence parmi ces penseurs qui, selon Isabelle Stengers, « assouplissent ou brisent aujourd’hui l’injonction implicite de la modernité – qui osent penser dans un monde libéré de l’opposition stérile entre une science soi-disant dure et ce qui relève de la pure fiction ou spéculation. » (2018: 29) Ils sont les pionniers d’une métaphysique postnaturelle.

Privilégier la divergence ne serait donc autre chose qu’une habitude, un élément structurel de la pensée moderne profondément ancré, une lubie métaphysique. Plus ou moins naïvement, les astrobiologistes évoqués dans cet article demandent simplement : qu’est-ce qui nous empêche de changer nos habitudes ? *Quid* d’un changement de régime métaphysique ; pourquoi ne pas essayer une (anthropologie de la) nature différente ? Pour changer, pourquoi ne pas accepter l’idée que Vénus possède bien un océan, même si ce dernier est composé de CO₂ plutôt que d’H₂O ? Si vous persistez à soutenir que notre voisine est une planète totalement sèche (et donc inhabitable, privée de vie, en tous points étrangère à la Terre), c’est uniquement parce que vous avez une conception géocentrée de ce que signifie être « sec ». Un habitant de Vénus éminemment « vénuso-centré » trouverait sans doute la Terre insupportablement sèche, car dépourvue de CO₂ liquide... La question centrale de l’astrobiologie – « sommes-nous seuls dans l’univers ? » – se réduit, dans cette perspective, à n’être qu’une querelle de clocher. Car il apparaît désormais clairement combien elle est fondée sur des hypothèses métaphysiques très spécifiques et ancrées historiquement. Ne nous sentirions-« nous » pas moins seuls dans l’univers si nous décidions de décrire la surface de Vénus comme un environnement hospitalier plutôt qu’un brasier infernal ; si nous choisissons de la considérer comme une planète familière et non « alien » ? À la lecture d’une précédente version de ce papier, l’anthropologue Sophie Houdart m’a demandé si le penchant des astrobiologistes pour la convergence ne trahissait pas un désir spécifiquement humain de trouver des amis, ou des alliés, au-delà des limites traditionnelles de leur espèce. Elle s’est aussi demandé si la perspective de rencontrer des extraterrestres *familiers* (plutôt qu’« aliens ») n’annonçait pas la fin de l’obsession propre au ^{xx}e siècle d’une « conquête » de l’espace et l’avènement d’un nouveau modèle exploratoire, où l’univers deviendrait la scène d’innombrables alliances potentielles entre espèces. L’univers comme une grande réserve d’amitiés latentes ? Difficile à prédire, suis-je tenté de répondre. Ce que je sais, en revanche, c’est que l’anthropologie de la nature – conçue comme un ensemble d’outils intellectuels permettant de repérer les biais insoupçonnés de la pensée scientifique moderne – a devant elle un avenir prometteur. Tant il est vrai que l’enjeu central de l’exploration spatiale contemporaine n’est peut-être pas tant le besoin perpétuel de nouveau matériau empirique que le besoin de se libérer des œillères avec lesquelles nous ne cessons de considérer les anciennes découvertes. Autrement dit, la question n’est pas tant l’univers en soi que nos façons rigides de nous le représenter.

Université de Roehampton, Londres
Istvan.Praet@roehampton.ac.uk

Traduit de l’anglais par Clotilde Meyer.

Bibliographie

Convergence en astrobiologie. Expérimentation contrefactuelle dans les sciences et les arts

Par Istvan Praet

Aït-Touati, Frédérique

2011 *Fictions of the Cosmos: Science and Literature in the Seventeenth Century*. Chicago, University of Chicago Press.

Atwood, Margaret

1986 *The Handmaid’s Tale*. Londres, Jonathan Cape.

Baines, Kevin H. et al.

2007 « Experiencing Venus: Clues to the Origin, Evolution, and Chemistry of Terrestrial Planets via In-Situ Exploration of our Sister World », *in* Larry Esposito *et al.*, *Geophysical Monograph Series* 176 : 171-189.

Battaglia, Steven, Michael Stewart and Susan Kieffer

2014 « Io’s theothermal (sulfur) – Lithosphere cycle inferred from a sulfur solubility model of Pele’s magma supply », *Icarus* 235 : 123-129.

Beltrame, Tiziana, Houdart, Sophie et Jungen Christine (dir.).

2017 « Mondes infimes », *Techniques & Cultures* 68.

Bigg, Charlotte

2012 « Les études visuelles des sciences : regards croisés sur les images scientifiques », *Revue Histoire de l’Art* 70 : 95-101.

Bowler, Peter J.

2013 *Darwin Deleted: Imagining a World without Darwin*. Chicago, Chicago University Press.

Carlson, Robert

2007 « Io’s Surface Composition », *in* Rosaly Lopes et John Spencer (dir.), *Io after Galileo: A New View of Jupiter’s Volcanic Moon*. Berlin, Springer, 193-229.

Chela-Flores, Julian

2003 « Testing Evolutionary Convergence on Europa » [en ligne], disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/J_Chela-Flores/publication/231951688_Testing_evolutionary_convergence_on_Europa/links/02e7e51a460e04696c000000.pdf (consulté le 04 mars 2019)

Clarke, Arthur C.

2000 *The Collected Stories*. Londres, Orion.

Conway Morris, Simon

2004 *Life’s Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge, Cambridge University Press.

Conway Morris, Simon

2015 *The Runes of Evolution: How the Universe Became Self-Aware*. West Conshohocken (PA), Templeton Foundation Press.

Cushing, James T.

1994 *Quantum Mechanics: Historical Contingency and the Copenhagen Interpretation*. Chicago/Lonres, University of Chicago Press.

Daston, Lorraine et Galison, Peter

2007 *Objectivity*. New York: Zone Books

Descola, Philippe

2005 *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard.

Dick, Philip K.

1962 *The Man in the High Castle*. New York, G.P. Putnam’s Sons.

Driscoll, Peter et Bercovici, David

2013 « Divergent Evolution of Earth and Venus: Influence of Degassing, Tectonics, and Magnetic Fields », *Icarus* 226 (2) : 1447-1464.

Flores Martinez, Claudio L.

2014 « SETI in the Light of Cosmic Convergent Evolution », *Acta Astronautica* 104 : 341-349.

Galison, Peter

2016 « Quand l’État écrit de la science-fiction », *Angle Mort* 12 [en ligne], disponible sur : http://www.angle-mort.fr/fiction/quand-letat-ecrit-de-la-science-fiction/ (consulté le 04 mars 2019).

Gallagher, Catherine

2018 *Telling Like It Wasn’t: The Counterfactual Imagination in History and Fiction*. Chicago, Chicago University Press.

Geissler, Paul et Goldstein, David

2007 « Plumes and Their Deposits », *in* Rosaly Lopes et John Spencer (dir.), *Io after Galileo: A New View of Jupiter’s Volcanic Moon*. Berlin, Springer : 163-192.

Gould, Stephen J.

1989 *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. New York, W.W. Norton.

Grinspoon, David

2009 *Lonely Planets: The Natural Philosophy of Alien Life*. New York, Harper Collins.

Grinspoon, David et Schulze-Makuck, Dirk

2004 « A Sulfur-Based Survival Strategy for Putative Phototrophic Life in the Venusian Atmosphere », *Astrobiology* 4 (1) : 11-18.

Hacking, Ian

2000 « How inevitable are the results of successful science? », *Philosophy of Science* 67 : 58-71.

Helmreich, Stefan

2016 *Sounding the Limits of Life: Essays in the Anthropology of Biology and Beyond*. Princeton (NJ), Princeton University Press.

Houdart, Sophie et Jungen Christine (dir.)

2015 « Cosmos Connections », *Gradhiva* 22.

Hoyle, Fred

1983 *The Intelligent Universe*. Londres, Michael Joseph.

Keszthelyi, Laszlo

1999 « Revisiting the Hypothesis of a Mushy Global Magma Ocean in Io », *Icarus* 141 : 415-419.

Kieffer, Susan

2010 « From Yellowstone to Titan, with side trips to Mars, Io, Mount St Helens and Triton », *in* Rosaly Lopes et Tracy Gregg (dir.), *Volcanic Worlds: Exploring the Solar System’s Volcanoes*. Berlin, Springer, 207-232.

Kroeber, Alfred

1917 « The Superorganic », *American Anthropologist* 19 (2) : 163-213.

Le Guin, Ursula

2017 [1969] *The Left Hand of Darkness*. Londres, Orion Books.

Lehoucq, Roland, Steyer, Jean-Sébastien, Demoule, Jean-Paul et Bordage,Pierre

2014 *Exquise Planète*. Paris, Odile Jacob.

Lineweaver, Charles

2008 « Human-like Intelligence Is Not a Convergent Feature of Evolution », *in* Joseph Seckbach et Maud Walsh (dir.), *From Fossils to Astrobiology*. Dordrecht, Springer : 353-368.

Lopes, Rosaly

2013 « Seas of Molten Rock », *in* Michael Carroll et Rosaly Lopes (dir.), *Alien Seas: Oceans in Space*. New York, Springer : 25-34.

Lopes, Rosaly et Gregg, Tracy (dir.)

2010 *Volcanic Worlds: Exploring the Solar System’s Volcanoes*. Berlin, Springer.

Lowie, Robert H.

1912 « On the Principle of Convergence in Ethnology », *Journal of American Folklore* 25 (95) : 24-42.

Mayr, Ernst

1995 « Can SETI succeed ? Not likely », *Bioastronomy News* 7 (3). Disponible en ligne sur http://coursecontent1.honolulu.hawaii.edu/~pine/mayr.htm (consulté le 04/03/2019).

McGhee, George

2008 « Convergent Evolution : A Periodic Table of Life », *in* Simon Conway Morris (dir.), *The Deep Structure of Biology*. West Conshohocken (PA), Templeton Foundation Press : 17-31.

Meillassoux, Quentin

2013. *Métaphysique et fiction des mondes hors-science*. Paris, Aux forges de Vulcain.

Messeri, Lisa

2016 *Placing Outer Space: An Earthly Ethnography of Other Worlds*. Durham (NC), Duke University Press.

Mitton, Simon

2008 *Astrobiology Magazine* [en ligne], disponible sur : https://www.astrobio.net/retrospections/arthur-c-clarke-a-visionary-astrobiologist/ (consulté le 04 mars 2019)

O’Connell Rodwell, Caitlin

2007 « Keeping an “Ear” to the Ground: Seismic Communication in Elephants », *American Physiological Society* [en ligne], disponible sur : https://doi.org/10.1152/physiol.00008.2007 (consulté le 04 mars 2019)

O’Rourke, Joseph G.

2017*The Divergent Evolution of Earth and Venus*. PhD Dissertation, California Institute of Technology.

Praet, Istvan et Salazar, Juan Francisco

2017 « Familiarizing the Extraterrestrial/Making Our Planet Alien », *Environmental Humanities* 9 (2) : 309-324.

Radick, Gregory

2005. « Other Histories, Other Biologies », *in* Anthony O’Hear (dir.), *Philosophy, Biology and Life*. Cambridge, Cambridge University Press : 21-47.

Sagan, Carl et Salpeter, Edwin

1976 « Particles, Environments and Possible Ecologies in the Jovian Atmosphere », *Astrophysical Journal Supplement Series* 32 : 737-755.

Schaefer, Laura et Fegley Jr, Bruce

2004 « Heavy Metal Frost on Venus », *Icarus* 168 : 215-219.

Shalygin, E.V. et al.

2015 « Active Volcanism on Venus in the Ganiki Chasma Rift Zone », *Geophysical Research Letters* 42 : 4762-4769.

Soler, Léna

2008 « Are the Results of our Science Contingent or Inevitable? », *Studies in History and Philosophy of Science* 39 (2) : 221-229.

Soler, Léna, Trizio, Emiliano et Pickering, Andrew

2015 *Science as It Could Have Been: Discussing the Contingency/Inevitability Problem*. Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.

Stengers, Isabelle

2018 « Science Fiction to Science Studies », *in* Steven Meyer (dir.), *The Cambridge Companion to Literature and Science*. Cambridge, Cambridge University Press : 25-42.

Stofan, Ellen

2010 « Earth’s Evil Twin: The Volcanic World of Venus », *in* Rosaly Lopes et Tracy Gregg (dir.), *Volcanic Worlds: Exploring the Solar System’s Volcanoes*. Berlin, Springer : 61-80.

Swan, Liz

2009 « Synthesizing Insigt: Artificial Life as Thought Experimentation in Biology », *Biology and Philosophy* 24 (4) : 687-701.

Toomey, David

2013 *Weird Life: The Search for Life That Is Very, Very Different from Our Own*. New York, W.W. Norton & Co.

Vertesi, Janet

2015 *Seeing like a Rover: How Robots, Teams, and Images Craft Knowledge of Mars*. Chicago, University of Chicago Press.

Weilgart, Linda, Whitehead, Hal et Payne, Katharine

1996 « A Colossal Convergence », *American Scientist* 84 (3) : 278-287.

Williams, David et Robert R. Howell

2007 « Active Volcanism: Effusive Eruptions », *in* Rosaly Lopes et John Spencer (dir.), *Io after Galileo: A New View of Jupiter’s Volcanic Moon*. Berlin, Springer : 133-161.

Whitehead, Hal

2008 « Social and Cultural Evolution in the Ocean », *in* Simon Conway Morris (dir.) *The Deep Structure of Biology*. West Conshohocken (PA), Templeton Foundation Press : 143-160.